Technical Note

Public Works Canada | Travaux publics Canada

Solar Programs Office (613) 998-9817

No. 5: August, 1982

Sizing Solar Systems for Outdoor Swimming Pools Using FCHART 4.0

1. SYNOPSIS

FCHART 4.0 is useful for predicting the long-term performance of solar systems, but does not have a model specifically for simulating swimming pool applications. This Technical Note presents a method devised by the Solar Programs Office to use the existing FCHART system models for simulation of swimming pool applications.

2. PROBLEM DEFINITION

FCHART 4.0 does not provide a specific model for the simulation of swimming pool applications.

3. APPROACH

The method to be used for selection of components and analysis options when running FCHART 4.0 for swimming pool applications is shown in the following steps:

3.1 System description

- System type: process hot water
- Collector type: flat plate
- Transfer network: no loss
  no leak
  no heat exchanger
- Delivery device: heat exchanger

3.2 Collector parameters

- Collector parameters should be input for the type and number of collectors to be used.

3.3 Storage unit parameters

- The storage tank capacity/collector area ratio should be set to the minimum allowable limit:

$$\underline{S1 = 200 \text{ KJ/°C m}^2}$$

- The heat loss coefficient should be set to zero:

$$\underline{S3 = 0.00 \text{ W/m}^2\text{°C}}$$

- The environment temperature should be set equal to the average monthly ambient temperature:

$$\underline{S4 = -1000}$$

- By setting S4 = -1000 the program will automatically equate the environment temperature to the average ambient temperature for each month.

3.4 Delivery device parameters

- The delivery side heat exchanger is assumed to be a perfect heat transfer device with an effectiveness of 1.0 ($\varepsilon = 1.0$).

$$\underline{D1 = C1 \times C10 \times \varepsilon, \text{ W/°C}}$$

- FCHART will not accept values of D1 greater than 99999.99 W/°C. If the calculated value of D1 is greater than this, the maximum allowable value of D1 should be used.

. . ./3

- The minimum temperature of heat exchanger operation, D2, is the minimum storage temperature for operation of the load side heat exchanger pump. D2 should be set equal to the set temperature of the pool, typically 25°C for outdoor swimming pools.

D2 = set temperature of the pool

3.5 Load parameters

- The average daily energy demand of the pool is determined either through direct measurement of energy consumption or calculated in a manner similar to that suggested in Technical Note #4.

- FCHART will accept 12 monthly values of the average daily energy demand. Systems with seasonal applications will have no energy demand for some months during the year. The months with no energy demand should be input as zero. A distinct value must be input for each month.

L6 = 12 monthly values of the average daily energy demand, MJ/day

- The hours of operation, L7, should be the total number of hours per day the pool is not covered by a pool blanket.

L7 = hours of operation per day

- Since the return water from the pool to the heat exchanger is generally taken from the bottom of the pool, which is cooler than the set temperature of the pool due to stratification effects, the load return temperature is usually set at a value 2 or 3°C less than the set temperature of the pool.

L8 = D2 - 2, °C

- L8 must always be less than or equal to D2.

. . ./4

4. SAMPLE FCHART 4.0 RUN

It should be noted that the months in which an average daily energy demand of zero is specified, a solar fraction (FNP) of 1.00 is displayed. In reality this is not a 100 percent solar contribution but a result of dividing by zero somewhere in the computations. Although the monthly solar fraction defaults to 1.00 this does not affect the months in which an energy demand has been specified nor does it affect the annual total.

SYSTEM TYPE: PROC AUX FUEL
I

COLLEC	TRANS	STORE	DELIV	LOAD
FPLATE	NLOSS	LIQ	HX	INPUT
	NLEAK	TANK		
	NHX		ECONOMICS: NOECON	

COLLECTOR PARAMETERS

C1.	Collector Area	160.00	m^2
C2.	FR-UL Product	14.77	W/m^2-Deg C
C3.	FR-TAU-ALPHA (Normal Incidence)	0.65	
C6.	Number of Covers	1.00	
C7.	Index of Refraction	1.53	
C8.	Extinction Coefficient X Length (KL)	0.04	
C9.	Incidence Angle Modifier Constant	0.22	
C10.	Collector Flow Rate * Specific Heat/Area	567.00	W/m^2-Deg C
C12.	Collector Slope	20.00	Degrees
C13.	Collector Azimuth	0.0	Degrees
C14.	Ground Reflectance	0.20	

STORAGE UNIT PARAMETERS

S1.	Tank Capacity/Collector Area	200.00	kJ/Deg C-m^2
S2.	Storage Unit Height/Diameter Ratio	2.00	
S3.	Heat Loss Coefficient	0.0	W/m^2-Deg C
S4.	Environment Temperature (-1000 for Tenv-Tamb)	-1000.00	Deg C

DELIVERTY DEVICE PARAMETERS

D1. EPS-CMIN of Load Heat Exchanger 68066.00 W/Deg C

D2. Minimum Temperature for HX Operation 25.00 Deg C

LOAD PARAMETERS

L6. Total process for Space Heating Load

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	800.00	
800.00	800.00	800.00	0.0	0.0	0.0	MJ/Day

L7. Hours Per Day 12.00

L8. Load Return Temperature 23.00 Deg C

AUXILIARY PARAMETERS

A1. Auxiliary Fuel Type (1=Gas, 2=Elec, 3=Oil) 2.

A2. Auxiliary Device Efficiency 1.00

FCHART Analysis (Version 4.0)

Ottawa Int'l Ont Latitude 45.3

Thermal Performance

	HT (GJ)	TA (Deg-C)	LOAD (GJ)	QU (GJ)	GLOSS (GJ)	FNP
Jan	45.17	-10.9	0.0	0.00	0.00	1.00
Feb	56.79	- 9.5	0.0	0.00	0.00	1.00
Mar	81.10	- 3.1	0.0	0.03	0.00	1.00
Apr	85.02	5.6	0.0	0.17	0.00	1.00
May	99.91	12.4	0.0	0.27	0.00	1.00
Jun	102.93	18.2	24.00	4.95	0.00	0.26
Jul	107.22	20.7	24.80	24.13	0.00	0.97
Aug	95.39	19.3	24.80	21.70	0.00	0.88
Sep	74.06	14.6	24.00	13.39	0.00	0.56
Oct	55.93	8.7	0.0	0.71	0.00	1.00
Nov	31.92	1.4	0.0	0.00	0.00	1.00
Dec	33.83	- 7.7	0.0	0.00	0.00	1.00
Yr	869.28	5.8	97.60	65.35	0.00	0.67

PURCHASED ENERGY SUMMARY

	GAS	ELECTRIC	OIL	TOTAL
Use (GJ)	0.0	32.18	0.0	32.18
Cost ($)	0.0	193.10	0.0	193.10

5. DISCUSSION

The above FCHART 4.0 run is for a typical summer-only application of an outdoor swimming pool. For purposes of this example, single-glazed plastic collectors are used and the pool is covered 12 hours per day with a pool blanket. When thermodynamically optimizing the size of the solar system, the solar fraction for July should not be allowed to exceed 1.00. This will help avoid overheating of the pool and ensure that all or most of the solar energy transferred to the load is useful energy.

Several runs of this nature have indicated the collector area should be 1/2 the pool surface area when using unglazed plastic collectors and 1/3 the pool surface area when using single glazed plastic collectors. It should be remembered these figures are entirely dependent on individual system characteristics and should be used only as a starting point when using computer simulations.

Guide technique

Travaux publics Canada | Public Works Canada

Bureau des programmes solaires (613) 996-9817

Nº 5: Août 1982

Dimensionnement des installations solaires pour les piscines extérieures au moyen du programme FCHART 4.0

1. RÉSUMÉ

Le programme FCHART 4.0, grâce auquel on peut prévoir la performance à long terme des installations solaires, ne comporte pas de modèle qui serve plus particulièrement à la simulation des installations de piscine. La présente Guide technique introduit une méthode élaborée par le Bureau des programmes solaires qui permet d'utiliser les modèles FCHART existants pour simuler les installations de piscine.

2. DÉFINITION DU PROBLÈME

Le programme FCHART 4.0 ne comporte pas de modèle pour simuler les installations de piscine.

3. MÉTHODE

Les étages suivants indiquent la méthode à utiliser pour la sélection des composants et de l'analyse dans l'exécution du programme FCHART 4.0 appliqué aux installations de piscine:

3.1 Description de l'installation

- Type d'installation: eau chaude
- Type de capteur: plan
- Système de circulation: aucune déperdition
  aucune fuite
  aucun échangeur de chaleur
- Dispositif de transmission: échangeur de chaleur

3.2 Paramètres des capteurs

- On doit entrer les paramètres des capteurs selon leur type et leur nombre.

3.3 Paramètres de l'unité de stockage

- On doit fixer le rapport capacité du réservoir/superficie de capteur à la limite inférieure admissible:

$$S1 = 200 \text{ KJ/°C m}^2$$

- On doit admettre une déperdition thermique égale à zéro:

$$S3 = 0.00 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

- On admet une température ambiante égale à la moyenne mensuelle:

$$S4 = -1000$$

- En fixant la valeur de S4 à -1000, la température ambiante devient automatiquement égale à la moyenne mensuelle.

3.4 Paramètres du dispositif de transmission

- On suppose que l'échangeur de chaleur côté sortie est un échangeur parfait avec un rendement de 1.0 ($\varepsilon = 1.0$).

$$D1 = C1 \times C10 \times \varepsilon, \text{ W/°C}$$

- FCHART ne peut accepter une valeur de D1 supérieure à 99999.99 W/°C. Si la valeur calculée de D1 est supérieure à ce nombre, on doit utiliser la valeur maximale admissible.

. . ./3

. La température maximale d'exploitation de l'échangeur de chaleur, D2, est la température minimale du stockage à laquelle fonctionne la pompe côté entrée de l'échangeur. D2 devrait être égal à la température prévue de la piscine, soit 25°C, généralement, pour les piscines à l'extérieur.

D2 = température prévue de la piscine

3.5 Paramètres de la demande

. On détermine la demande quotidienne en énergie de la piscine soit par mesure directe de la consommation d'énergie, soit par un calcul analogue à celui du Guide technique n° 4.

. FCHART peut accepter 12 valeurs mensuelles de la demande quotidienne en énergie. Lorsque l'utilisation d'une installation est saisonnière, on doit inscrire zéro pour les mois où la demande est nulle. On doit entrer une valeur pour chaque mois.

L6 = 12 valeurs mensuelles de la demande quotidienne moyenne en énergie, MJ/jour

. Les heures d'exploitation, L7, doivent correspondre au nombre total d'heures par jour où la piscine n'est pas couverte.

L7 = heures d'exploitation par jour

. Comme l'eau de la piscine reprise vers l'échangeur provient généralement du fond de la piscine où, à cause de la stratification, l'eau est plus froide que la température prévue, on fixe normalement la température de l'eau reprise à 2 ou 3°C de moins que la température prévue.

L8 = D2 - 2, °C

. L8 doit toujours être inférieur ou égal à D2.

. . ./4

4. EXEMPLE D'APPLICATION DU FCHART 4.0

On doit prendre en note que pour les mois où on inscrit une demande quotidienne moyenne en énergie de zéro, la fraction solaire (FNP) indiquée est de 1.00. En réalité, il ne s'agit pas d'une contribution solaire de 100 pour cent mais d'une division par zéro dans les calculs. Ceci n'influence toutefois pas les mois pour lesquels on inscrit une demande, ni le résultat annuel.

SYSTEM TYPE: PROC AUX FUEL
I

COLLEC	TRANS	STORE	DELIV	LOAD
FPLATE	NLOSS	LIQ	HX	INPUT
	NLEAK	TANK		
	NHX		ECONOMICS: NOECON	

COLLECTOR PARAMETERS

C1. Collector Area	160.00	m^2
C2. FR-UL Product	14.77	W/m^2-Deg C
C3. FR-TAU-ALPHA (Normal Incidence)	0.65	
C6. Number of Covers	1.00	
C7. Index of Refraction	1.53	
C8. Extinction Coefficient X Length (KL)	0.04	
C9. Incidence Angle Modifier Constant	0.22	
C10. Collector Flow Rate * Specific Heat/Area	567.00	W/m^2-Deg C
C12. Collector Slope	20.00	Degrees
C13. Collector Azimuth	0.0	Degrees
C14. Ground Reflectance	0.20	

STORAGE UNIT PARAMETERS

S1. Tank Capacity/Collector Area	200.00	kJ/Deg C-m^2
S2. Storage Unit Height/Diameter Ratio	2.00	
S3. Heat Loss Coefficient	0.0	W/m^2-Deg C
S4. Environment Temperature (-1000 for Tenv-Tamb)	-1000.00	Deg C

DELIVERTY DEVICE PARAMETERS

D1. EPS-CMIN of Load Heat Exchanger 68066.00 W/Deg C

D2. Minimum Temperature for HX Operation 25.00 Deg C

LOAD PARAMETERS

L6. Total process for Space Heating Load

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	800.00	
800.00	800.00	800.00	0.0	0.0	0.0	MJ/Day

L7. Hours Per Day 12.00

L8. Load Return Temperature 23.00 Deg C

AUXILIARY PARAMETERS

A1. Auxiliary Fuel Type (1=Gas, 2=Elec, 3=Oil) 2.

A2. Auxiliary Device Efficiency 1.00

FCHART Analysis (Version 4.0)

Ottawa Int'l Ont Latitude 45.3

Thermal Performance

	HT (GJ)	TA (Deg-C)	LOAD (GJ)	QU (GJ)	GLOSS (GJ)	FNP
Jan	45.17	-10.9	0.0	0.00	0.00	1.00
Feb	56.79	- 9.5	0.0	0.00	0.00	1.00
Mar	81.10	- 3.1	0.0	0.03	0.00	1.00
Apr	85.02	5.6	0.0	0.17	0.00	1.00
May	99.91	12.4	0.0	0.27	0.00	1.00
Jun	102.93	18.2	24.00	4.95	0.00	0.26
Jul	107.22	20.7	24.80	24.13	0.00	0.97
Aug	95.39	19.3	24.80	21.70	0.00	0.88
Sep	74.06	14.6	24.00	13.39	0.00	0.56
Oct	55.93	8.7	0.0	0.71	0.00	1.00
Nov	31.92	1.4	0.0	0.00	0.00	1.00
Dec	33.83	- 7.7	0.0	0.00	0.00	1.00
Yr	869.28	5.8	97.60	65.35	0.00	0.67

PURCHASED ENERGY SUMMARY

	GAS	ELECTRIC	OIL	TOTAL
Use (GJ)	0.0	32.18	0.0	32.18
Cost ($)	0.0	193.10	0.0	193.10

5. EXAMEN

L'exécution du programme FCHART 4.0 ci-dessus représente une installation typique de piscine extérieure utilisée l'été seulement. Aux fins de l'example, on suppose que les capteurs comportent une seule épaisseur de plastique transparent et que la piscine est recouverte d'un matelas isolant 12 heures par jour. Lorsqu'on calcule la dimension optimale de l'installation solaire sur le plan thermodynamique, la fraction solaire ne doit pas dépasser 1.0 pour le mois de juillet. On évitera ainsi la surchauffe de la piscine tout en bénéficiant d'une installation maximale de l'énergie solaire transmise à la masse.

Des passages répétés ont révélé que la superficie des capteurs devrait être égale à la moitié de celle de la piscine avec des capteurs sans couverture de plastique transparent, et au tiers de la surface de la piscine, s'ils sont recouverts d'une seule épaisseur de plastique transparent. On doit se rappeler que ces résultats dépendent entièrement des caractéristiques de l'installation et ne doivent être utilisés que pour point de départ en simulation informatique.